

## **НИЗКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА НА ТЕРРИТОРИИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА**

Е.В. Максютова, Л.Б. Башалханова

*ФГБУН «Институт географии имени В.Б. Сочавы СО РАН»,  
Иркутск*

В современных климатических условиях периода последних десятилетий (1991–2020 гг.) на территории Иркутской области сохраняются резкие погодные контрасты в температуре зимних сезонов на фоне общей положительной тенденции. Они обусловлены частой повторяемостью температуры воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ , при которых возрастает опасность для здоровья человека и его хозяйственной деятельности.

По данным наблюдений за температурой воздуха на сети Росгидромета на рассматриваемой территории установлена пространственно-временная дифференциация повторяемости числа дней с низкими минимальными (ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ), низкой средней суточной (ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ ) температурами воздуха и повторяемостью опасного явления «сильный мороз» за последние тридцать лет (1991–2020 гг.). Особенности их распределения отражают сохранение значительной суровости зимних сезонов в районах Крайнего Севера (80–100 дней с минимальной температурой воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ ; 30–50 дней с минимальной температурой воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ) и местностей, приравненных к Крайнему Северу (10–60 дней с минимальной температурой воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ ; 2–20 дней с минимальной температурой воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ), а также в северо-западном и северо-восточном районах остальной территории Иркутской области (50 дней с минимальной температурой воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ ; 10 дней с минимальной температурой воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ). На юге области число дней с минимальными температурами воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  снижается до 4–7 дней, а минимальные температуры воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  отмечаются редко – до 2 дней.

Наибольшая повторяемость погодных условий, достигающих критериев опасного явления «сильный мороз» (с минимальными температурами воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ), характерная для районов Крайнего Севера, отмечается практически ежегодно, от 1 до 5 случаев ОЯ за зиму на ст. Ербогачен при понижении температуры ниже  $-50^{\circ}\text{C}$ , а максимальный непрерывный период составил 36 дней (в январе 2001 г.).

Средняя суточная температура воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  отражает основные особенности пространственного варьирования низких температур и свидетельствует о сохранении значительной суровости зимних сезонов. Ориенти-

ровочная оценка влияния низких температур ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) на выполнение работ на открытом воздухе показала снижение индекса доходности за 10 рабочих дней на 3,2 % при условии безветрия, за 90 рабочих дней – на 25,5 %. Таким колебаниям подвержена вся территория Иркутской области в зависимости от суровости зимы и пространственно-временной дифференциации числа дней с низкими температурами воздуха.

Характерная особенность суровости климата Сибири требует в дальнейшем оценки опасности низких температур воздуха по категориям (интенсивности, распространенности по территории и продолжительности воздействия). Это позволит разработать адаптационные меры к изменению климата Сибири по защите здоровья населения и планированию устойчивого территориального развития.

**Ключевые слова:** изменения климата, число дней, низкие температуры воздуха, повторяемость опасного явления «сильный мороз», индекс доходности.

## LOW AIR TEMPERATURES AT THE TERRITORY OF THE IRKUTSK REGION UNDER CONDITIONS OF CLIMATE WARMING

E. V. Maksyutova, L. B. Bashalkhanova

*Sochava Institute of Geography, SB RAS, Irkutsk*

In the modern climatic conditions of the last decades of 1991–2020, sharp weather contrasts in the temperature of the winter seasons persist on the territory of the Irkutsk region against the background of a general positive trend. They are caused by the frequent recurrence of air temperatures below  $-30^{\circ}\text{C}$ , below  $-40^{\circ}\text{C}$ , at which the danger to human health and economic activity increases.

According to observations of air temperature on the Roshydromet network in the territory under consideration, a spatiotemporal differentiation of the frequency of the number of days with low minimum (below  $-30^{\circ}\text{C}$  and below  $-40^{\circ}\text{C}$ ), low average daily (below  $-30^{\circ}\text{C}$ ) air temperatures and the frequency of the dangerous phenomenon of severe frost over the past thirty years 1991–2020 has been established. The peculiarities of their distribution reflect the preservation of significant severity of winter seasons in the Far North (80–100 days with a minimum air temperature below  $-30^{\circ}\text{C}$ ; 30–50 days with a minimum air temperature below  $-40^{\circ}\text{C}$ ) and areas equated to the Far North (10–60 days with a minimum air temperature below  $-30^{\circ}\text{C}$ ; 2–20 days with a minimum air temperature below  $-40^{\circ}\text{C}$ ), as well as in the north-western and north-eastern regions of the rest of the Irkutsk region (50 days with a minimum air temperature below  $-30^{\circ}\text{C}$ ; 10 days with a minimum air temperature below  $-40^{\circ}\text{C}$ ). In the south of the region, the number of days with minimum air temperatures below  $-30^{\circ}\text{C}$  decreases to 4–7 days, and minimum air temperatures below  $-40^{\circ}\text{C}$  are rarely observed – up to 2 days.

The greatest frequency of weather conditions that reach the criteria of a dangerous phenomenon, severe frost (with minimum air temperatures below  $-40^{\circ}\text{C}$ ), characteristic of the regions of the Far North, is observed almost annually, from 1 to 5 cases per winter at Yerbogachen station when the temperature drops below  $-50^{\circ}\text{C}$ , and the maximum continuous period was 36 days (in January 2001).

The average daily air temperature below  $-30^{\circ}\text{C}$  reflects the main features of the spatial variation of low temperatures and indicates the preservation of significant severity of winter seasons. An approximate assessment of the impact of low temperatures ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) on the performance of outdoor work showed a decrease in the profitability index for 10 working days by 3.2 %, provided there is no wind, for 90 working days – by 25.5 %. The entire territory of the Irkutsk Region is subject to such fluctuations, depending on the severity of winter and the spatio-temporal differentiation of the number of days with low air temperatures.

A characteristic feature of the severity of the Siberian climate requires further assessment of the danger of low air temperatures by category (intensity, prevalence across the territory and duration of exposure). This will make it possible to develop adaptation measures to climate change in Siberia to protect public health and plan sustainable territorial development.

**Key words:** *climate change, number of days, low air temperatures, frequency of the dangerous phenomenon of severe frost, profitability index.*

## Введение

В связи с современными изменениями климата, проявляющимися в росте приземной температуры воздуха, следует отметить большие межгодовые колебания температур воздуха, что сопровождается проявлением экстремально низких или экстремально высоких температур [1–4]. При построении долгосрочных стратегий государственного планирования различных отраслей экономики важно учитывать влияние глобального потепления на хозяйственную деятельность человека, особенно в климатически зависимых отраслях экономики с учетом географических особенностей России [5].

В погодных условиях зимних сезонов, когда температура воздуха опускается ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ , возрастают риски для здоровья человека и его хозяйственной деятельности. Влияние осуществляется через пороговые значения интенсивности и продолжительности метеопараметров.

В качестве пороговых значений могут выступать как медленно меняющиеся показатели термического режима, но имеющие важное хозяйственное значение: суммы средней суточной температуры воздуха ниже  $-5^{\circ}\text{C}$ , так и экстремальные минимальные температуры воздуха. Эти показатели оказывают влияние на характер и интенсивность природных процессов и вносят существенные коррективы в жизнедеятельность человека:

условия труда и отдыха людей на открытом воздухе, эксплуатацию техники, зданий и сооружений и т. д.

При выполнении работ на открытом воздухе при низких температурах у человека уже через 1 ч наступает тепловое состояние, близкое к предельному, возрастает опасность обморожений. Согласно методическим рекомендациям МР 2.2.7.2129-06.2.2.7 [6], деятельность человека на морозе защищена гигиеническими требованиями к режиму работ. Продолжительность непрерывного пребывания на холоде снижается, а число 10-минутных перерывов на обогрев растет с понижением температуры воздуха. При  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  предусмотрено восемь перерывов на обогрев через каждые 46 мин работы на холоде в смену.

При температуре  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  существенно снижается прочность металлических и пластиковых деталей и конструкций [4]. Изготовление машин, механизмов, металлических конструкций (труб, рельсов, мостов и пр.) с учетом их прочностных и эксплуатационных свойств, снижение пластичности горюче-смазочных и полимерных материалов при низких температурах регулируются ГОСТ 15150-69 [7]. Однако отследить фактическое исполнение МР и ГОСТ крайне сложно. Повторяемость низких температур воздуха во многом определяет хозяйственную деятельность человека, их сокращение в процессе изменения климата может повлиять на условия жизнедеятельности. В исследованиях Росгидромета разрабатывается методика экономического обоснования адаптационных мероприятий к изменениям и изменчивости климата [8], но в большей мере они пока коснулись опасных явлений погоды (грозы, града, ливней, интенсивных осадков и пр.).

Географическое положение Предбайкалья (в административном делении это Иркутская область) почти в центре Евро-Азиатского континента, значительная широтная протяженность (от  $52$  до  $61^{\circ}$  с.ш.), сложный рельеф с окаймлением с юго-запада, юга и востока горными системами (Восточного Саяна и Хамар-Дабана, Приморского и Байкальского хребтов, Северо-Байкальского и Патомского нагорий) создают предпосылки для формирования резко континентального климата с существенными пространственными различиями. Особенностью формирования термического режима является усиление суровости зимы к северу и северо-востоку Иркутской области, а также в межгорных понижениях и долинах. Как было выявлено ранее, повышение температуры воздуха зимой происходит за счет сокращения числа дней с низкими температурами (числа дней с температурой воздуха  $-25$ ,  $-30$ ,  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже) [9]. Наибольшее снижение числа дней со среднесуточной температурой ниже  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  отмечается в южной части Предбайкалья.

В вопросах жизнеобеспечения населения по совокупности климатических и социально-экономических факторов выделены районы Крайнего

**Отклонения средних месячных температур воздуха  
в зимние месяцы за 1991–2020 гг. по отношению к 1961–1990 гг.  
на территории Иркутской области**

Районы	Станция	X	XI	XII	I	II	III	IV
Крайнего Севера	Наканно	0,9	1,3	–0,1	2,0	3,1	1,7	2,1
	Ербогачен	1,6	0,8	–0,1	2,2	3,6	2,0	2,2
Приравненные к районам Крайнего Севера	Мамакан	0,9	0,1	–0,9	1,1	4,3	2,1	1,6
	Киренск	1,2	0,2	–0,5	1,4	4,5	2,5	2,0
	Братск	1,3	0,2	0,5	1,1	2,7	1,9	1,9
Остальные:								
Северо-западные Западные	Червянка	1,6	0,3	0,8	1,5	3,6	2,4	2,2
	Тайшет	1,4	0,5	0,8	1,2	3,1	2,2	2,2
	Тулун	1,1	0,5	0,5	0,7	2,3	1,8	2,1
Северо-восточные	Жигалово	1,0	0,5	0,3	2,0	3,6	2,8	2,2
Юго-восточные	Иркутск	1,1	0,9	0,7	1,1	2,6	1,9	2,1
	Большое Голоустное	0,8	0,4	0,6	0,9	2,3	1,4	1,6
Юго-западные	Хамар-Дабан	0,5	–0,2	0,0	–0,1	1,8	1,3	1,8

Севера и местности, приравненные к районам Крайнего Севера [10]. Наиболее обширными по площади и контрастности температурного режима являются остальные территории, среди которых условно можно выделить северо-западные, западные, северо-восточные, юго-восточные, юго-западные (см. таблицу).

Цель работы – в связи с современными изменениями климата при потеплении зимних сезонов показать сохранение суровости климата на территории Иркутской области. Для достижения поставленной цели проведен анализ повторяемости числа дней с низкими температурами воздуха и выявлены особенности проявления опасного явления «сильный мороз» за период последних десятилетий (1991–2020 гг.) в районах Иркутской области. Влияние числа дней с низкими температурами на жизнедеятельность населения определяется на основании изменения индекса доходности при выполнении работ на открытом воздухе.

### Материалы и методы

Наблюдаемые изменения температуры воздуха в зимние месяцы за период последних десятилетий (1991–2020 гг.) по отношению к предыдущему многолетнему периоду 1961–1990 гг. анализировались по данным среднемесячной температуры воздуха на 22 станциях [11].

Число дней со средней суточной температурой воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , с минимальной температурой воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  и ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  были

получены по данным наблюдений за ежедневной температурой воздуха на 22 станциях за период последних трех десятилетий (1991–2020 гг.) [12]. Определены средние повторяемости числа дней с низкими температурами воздуха за тридцать лет (ед./год).

В Иркутской области мороз считается очень сильным и относится к опасным явлениям (ОЯ) погоды, если с ноября по март минимальная температура воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  удерживается в течение пяти суток и более.

Исходными данными опасного явления «сильный мороз» за 1991–2020 гг. послужили ежедневные наблюдения на семи метеорологических станциях территорий Крайнего Севера (ст. Ербогачен); местностей, приравненных к районам Крайнего Севера (ст. Киренск, Мамакан, Братск), и остальных территорий области – юго-восточных (ст. Иркутск-обсерватория, Большое Голоустное), западных (ст. Тайшет) [12].

Под влиянием низких температур повышаются риски для населения и объектов инфраструктуры. Ранее для ориентировочной оценки ресурсов климата регионов Восточной Сибири [13] и Сибири в целом [14] для жизнедеятельности населения была применена расчетная схема зависимости индекса доходности от числа нерабочих дней в зонах разной дискомфортности. Представляется, применение этой расчетной схемы в упрощенном виде возможно и для оценки влияния числа дней с низкими температурами на индекс доходности при выполнении работ на открытом воздухе. В агрегированном виде зависимость имеет вид:

$$V_i = f(A) \cdot (T - T_i) \cdot N,$$

где  $V_i$  – индекс доходности;  $i$  – температура воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , при  $i = 0$  работы ведутся в благоприятных условиях;  $f(A)$  – удельная эффективность рабочей деятельности;  $T$  – число рабочих дней в году;  $T_i$  – число дней в году с температурой воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , при которых работы на открытом воздухе ограничены;  $N$  – число работников.

Решение этой схемы при переменной  $T_i$  позволяет получить ориентировочное представление о влиянии низких температур на индекс доходности.

### Результаты и обсуждение

На территории Иркутской области изменения температуры воздуха, наблюдаемые в зимние месяцы за период последних десятилетий (1991–2020 гг.) по отношению к предыдущему многолетнему периоду 1961–1990 гг., показывают рост температуры воздуха (см. таблицу), но при этом выявлено понижение температуры воздуха в декабре на некоторых станциях, относящихся к местности, приравненной к районам Крайнего Севера:  $-0,9^{\circ}\text{C}$  (ст. Мамакан);  $-0,5^{\circ}\text{C}$  (ст. Киренск).

Эти же станции отличаются наиболее заметными положительными отклонениями температуры воздуха в феврале (до  $4,5^{\circ}\text{C}$ ). На всей остальной территории отклонения так же максимальны за сезон и изменяются от  $1,8^{\circ}\text{C}$  в юго-западных районах (ст. Хамар-Дабан) до  $3,6^{\circ}\text{C}$  в северо-восточных (ст. Жигалово) и северо-западных (ст. Червянка) районах иных территорий и на Крайнем Севере (ст. Ербогачен).

В январе наибольшие положительные отклонения температуры воздуха отмечаются в районах Крайнего Севера ( $2,0\text{--}2,2^{\circ}\text{C}$ ) и северо-восточных районах, где особенности рельефа межгорных понижений (ст. Жигалово) способствуют интенсивному стоку холодного воздуха со склонов в низины. В марте и апреле на большей части территории Иркутской области также отмечаются высокие положительные отклонения температуры воздуха, достигающие  $2^{\circ}\text{C}$  и более.

Такие заметные положительные отклонения зимних температур обусловлены пространственно-временным распределением среднего числа дней с низкими минимальными и средними за сутки температурами воздуха.

Низкие минимальные температуры воздуха характеризуют наиболее холодную часть суток и в большей степени зависят от местоположения станции (от формы рельефа, высоты над уровнем моря). На станциях, расположенных в котловинах и долинах, отмечаются самые низкие минимумы.

В районах Крайнего Севера (ст. Ербогачен, Наканно) понижение минимальной температуры воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  отмечается с октября по апрель, средняя повторяемость составляет 78–96 дней в год. В октябре и апреле таких дней немного (в среднем 1–2 дня), их количество возрастает к декабрю–январю до 20–24 дней (рис. 1).

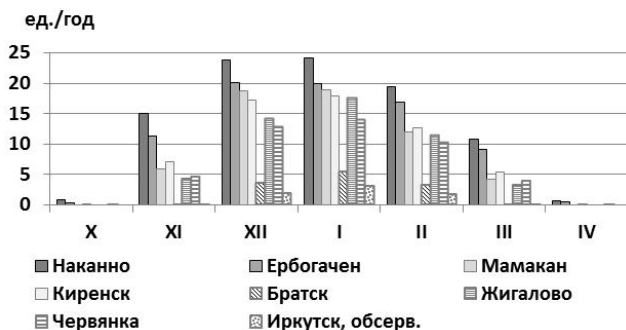


Рис. 1. Средняя повторяемость числа дней с минимальной температурой воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  по месяцам за период 1991–2020 гг. на территории Иркутской области

На территориях, приравненных к районам Крайнего Севера, с ноября по март число дней с минимальной температурой воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  составляет 13–61 день, с наибольшими величинами в декабре–январе от 6 на ст. Братск до 18–19 дней на ст. Киренск, Бодайбо.

На остальной территории такие температуры воздуха часто наблюдаются в межгорных долинах (ст. Жигалово, 51 день) и в северо-западных районах (ст. Червянка, 46 дней). Их число снижается к югу территории: 7 дней (ст. Иркутск, обсерв.), 5 дней (ст. Хамар-Дабан), 4 дня (ст. Большое Голоустное).

Если температура воздуха продолжает понижаться, то условия работ на открытом воздухе существенно ухудшаются. Согласно методическим рекомендациям [5] при температуре воздуха  $-40^{\circ}\text{C}$  продолжительность непрерывного пребывания на открытом воздухе сокращена до 35 мин в условиях безветрия и до 22 мин при скорости ветра 10 м/с. Соответственно предусмотрено повышение числа 10-минутных перерывов на обогрев.

В районах Крайнего Севера с ноября по март минимальные температуры воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  в сумме составляют 32–47 дней, с максимальным количеством в январе – 11–15 дней. В сезонном ходе характерен их резкий рост от ноября к декабрю и снижение от февраля к марту. Так, на ст. Ербогачен в среднем количество дней за холодный период нарастает и снижается следующим образом: от 3 дней в ноябре, 10 дней в декабре, 11 – в январе, 7 дней в феврале и 2 дня в марте. В отдельные годы число дней с температурой воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  достигает 29 (декабрь 2000 г. на ст. Ербогачен).

На территориях, приравненных к районам Крайнего Севера, число дней с минимальными температурами воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  колеблется от 1,5 (ст. Братск) до 19 дней (ст. Киренск), с повышением в отдельные годы до 21 (декабрь 2009 г., ст. Мамакан), 20 дней (декабрь 2009 г., ст. Киренск). На остальных территориях самыми холодными остаются северо-западные (ст. Червянка), северо-восточные (ст. Жигалово) районы, где число дней с минимальной температурой ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  достигает 10 дней.

На юге области минимальные температуры воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  отмечаются редко – до 2 дней. В отдельные годы количество таких дней возрастает. Так, на ст. Тайшет в 2001 г. в январе таких дней было 10, при среднем многолетнем значении 1,5 дня. На ст. Иркутск-обсерватория они отмечались 8–9 января 2001 г. и 2 февраля 2006 г.; на ст. Большое Голоустное – 9 января 2001 г.

Риски для хозяйственной деятельности и для человека возрастают при погодных условиях, достигающих критериев опасного явления. На территории Предбайкалья за последние 30 лет (1991–2020 гг.) сильные морозы, когда минимальная температура воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  удерживается в течение пяти суток и более, отсутствуют в юго-восточных районах



области (ст. Иркутск, Большое Голоустное). Они редки в западных районах области. Так, за последние 30 лет сильные морозы устанавливались в Тайшете в январе 2000 г. (5 дней, до  $-45,6^{\circ}\text{C}$ ) и 2001 г. (9 дней, до  $-48,5^{\circ}\text{C}$ ). Безусловно, северо-западные и северо-восточные районы (ст. Червянка, Жигалово) будут отличаться наибольшей суровостью в своей зоне.

На территориях, приравненных к районам Крайнего Севера, такие погодные условия наблюдались минимальное количество раз в Братске – в январе 2001 г. в течение 12 дней с понижением температуры до  $-45,9^{\circ}\text{C}$  и в конце января–начале февраля (5 дней) с понижением температуры до  $-43,3^{\circ}\text{C}$ . В Киренске сильные морозы отмечались по 6 раз в десятилетия 1991–2000 гг. и 2001–2010 гг. и 4 раза в последнее десятилетие, 2011–2020 гг. Наибольшей длительности опасное явление достигало в 2001 г. (17 дней) с понижением температуры воздуха до  $-53^{\circ}\text{C}$  и в 2010 г. (15 дней) с понижением температуры воздуха до  $-48,7^{\circ}\text{C}$ . На ст. Мамакан сильные морозы устанавливались 5–6 раз за десятилетие с понижением минимальной температуры до  $-48,9^{\circ}\text{C}$ . При этом наибольшая длительность периода с температурами воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  составляла 21 день (в 2009 г.).

Наибольшая повторяемость опасного явления «сильный мороз» характерна для районов Крайнего Севера. На ст. Ербогачен сильные морозы наблюдаются практически ежегодно. С конца декабря до начала февраля такие погодные условия устанавливаются по несколько раз за сезон (от 1 до 5). В 2014 г. 5 раз отмечалось ОЯ «сильный мороз». Температура воздуха может понижаться ниже  $-50^{\circ}\text{C}$ : в январе 1994 г. она понизилась до  $-55,8^{\circ}\text{C}$ . При этом длительность периода с температурами воздуха ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  может достигать 36 дней (с 13 декабря по 17 января 2001 г.).

Выраженные пространственные различия низких температур оказывают влияние и на среднесуточную температуру воздуха. Пространственно-временное распределение числа дней со средней суточной температурой воздуха ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  отражает основные особенности варьирования низких температур, рассмотренные выше.

Для районов Крайнего Севера с ноября по март отмечаются дни со средними суточными температурами ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  – в среднем 46–62, максимум в январе: 15 (Ербогачен) и 19 дней (Наканно). На территориях, приравненных к районам Крайнего Севера, с ноября по март число дней с такими температурами составляет от 7 (ст. Братск) до 32 (ст. Киренск) и 37 дней (ст. Мамакан).

На остальной территории высокая повторяемость дней со средними суточными температурами ниже  $-30^{\circ}\text{C}$  отмечается в северо-восточных (ст. Жигалово, 23 дня) и северо-западных районах (ст. Червянка, 20 дней), что указывает на значительную суровость климата отдельных районов области. Их число снижается от 6–8 в западных районах до 0,5–3 дней в юго-восточных и юго-западных районах Иркутской области.

Зависимость индекса доходности от числа дней с низкими температурами воздуха покажем на простом примере решения расчетной схемы, приведенной выше. Сначала определим удельную эффективность рабочей деятельности при выполнении работ на открытом воздухе в зимний период (100 рабочих дней). Предположим, 10 рабочих при базисном доходе 1 млн руб. выполняют наружные работы при температуре воздуха, не ограничивающей пребывание на открытом воздухе. Удельная эффективность при этом составила 1000 руб./чел. С понижением температуры воздуха, согласно методическим рекомендациям [6], необходимо предоставлять 10-минутные перерывы на обогрев при  $-30^{\circ}\text{C}$  через каждые 46 мин. Число 10-минутных перерывов за 8-часовой рабочий день составляет 80 мин, или 1,3 ч. Снижение индекса доходности за 10 смен составит 3,2 % при условии безветрия, за 90 смен – 25,5 %. Но с усилением скорости ветра, а также с понижением температуры воздуха предусмотрен рост числа 10-минутных перерывов для обогрева и сокращение продолжительности непрерывного пребывания на холоде. При температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  и скорости ветра 10 м/с предусмотрено 14 перерывов через каждые 22 мин. В связи с этим будет снижаться и индекс доходности. Необходимо отметить, что охлаждающее влияние ветра на снижение эффективности трудовой деятельности на открытом воздухе согласно методическим рекомендациям [6] начинается уже с  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Кроме того, на территориях с частой повторяемостью низких температур неизбежно возрастают издержки по жизнеобеспечению населения, объектов ЖКХ, дорожно-транспортной инфраструктуры. Возникает удорожание строительно-монтажных работ, исполнения в северном варианте деталей машин и механизмов, металлоконструкций (труб, рельсов, опор и пр.) с учетом их прочностных и эксплуатационных свойств. Горючесмазочные и полимерные материалы дополняют этот перечень.

Следовательно, в современных условиях потепления климата низкая температура воздуха ( $-30^{\circ}\text{C}$  и ниже), характерная для районов Иркутской области, оказывая заметное воздействие на человека, режим его труда на открытом воздухе и на объем издержек, выступает источником опасности для жизнедеятельности населения.

### Заключение

В современных климатических условиях периода последних десятилетий (1991–2020 гг.) на территории Иркутской области сохраняются низкие температуры воздуха (ниже  $-30^{\circ}\text{C}$ , ниже  $-40^{\circ}\text{C}$ ) на фоне общей положительной тенденции. Значительными изменениями температурного режима отличаются территории, приравненные к районам Крайнего Севера (ст. Мамакан, Киренск), что обусловлено наибольшим ростом темпе-

ратуры воздуха в феврале на 4,3–4,5 °С и ее заметным снижением в декабре на –0,9 °С (ст. Мамакан), –0,5 °С (ст. Киренск).

Для периода последних десятилетий (1991–2020 гг.) на территории Иркутской области установлена пространственно-временная дифференциация числа дней с низкими минимальными (ниже –30 °С и ниже –40 °С), низкой средней суточной (ниже –30 °С) температурами воздуха и повторяемостью опасного явления «сильный мороз». Выявленные особенности их распределения отражают значительную суровость зимних сезонов в районах Крайнего Севера и местностях, приравненных к ним; в северо-западном и северо-восточном районах остальной территории Иркутской области. Наибольшая повторяемость погодных условий, достигающих критериев опасного явления «сильный мороз» (с минимальными температурами воздуха ниже –40 °С), характерна для районов Крайнего Севера.

Средняя суточная температура воздуха ниже –30 °С отражает основные особенности пространственного варьирования низких температур зимних сезонов. Ориентировочная оценка влияния низких температур (–30 °С) на выполнение работ на открытом воздухе показала снижение индекса доходности за 10 рабочих дней на 3,2 % при условии безветрия, за 90 рабочих дней – на 25,5 %. Таким колебаниям низких температур подвержена вся территория Иркутской области в зависимости от суровости зимы и пространственно-временной дифференциации числа дней с низкими температурами воздуха.

Характерная особенность суровости климата Сибири требует в дальнейшем оценки опасности низких температур воздуха по категориям (интенсивности, распространенности по территории и продолжительности воздействия). Это позволит разработать адаптационные меры к изменению климата Сибири по защите здоровья населения и планированию устойчивого территориального развития.

*Работа выполнена в рамках Плана НИР № АААА-А21-121012190059-5, АААА-А21-121012190018-2.*

### Литература

1. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1009 с.
2. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научное издание, 2022. 124 с.
3. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell,

- E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, B. Zhou (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, United Kingdom; New York: NY, USA, 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896.
4. *Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Галюк Л.П.* Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере. СПб.: Издательство Кириллица, 2015. 214 с.
  5. *Кислов А.В., Суркова Г.В.* Влияние глобального потепления на климатические ресурсы России // Экономика. Налоги. Право. 2021. Т. 14, № 4. С. 6–14. DOI: 10.26794/1999-849X-2021-14-4-6-1.
  6. МР 2.2.7.2129-06.2.2.7. Физиология труда и эргономика. Режимы труда и отдыха, работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях. Методические рекомендации (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19.09.2006). [Электронный ресурс]. URL: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 12.05.2023).
  7. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды). [Электронный ресурс]. URL: [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) (дата обращения 12.05.2023).
  8. *Кобышева Н.В.* Методика экономического обоснования адаптационных мероприятий, связанных с изменениями и изменчивостью климата // Труды ГГО. 2014. № 574. С. 5–38.
  9. *Bashalkhanova L.B., Maksyutova E.V.* Influence of Temperature Variations During a Cold Period on the Conditions of Life of the Population in East Siberia // Geography and Natural Resources. 2014. Vol. 35, No. 1. P. 55–62.
  10. Постановление Правительства РФ от 16.11.2021 г. № 1946 «Об утверждении перечня районов Крайнего Севера и приравненных к районам Крайнего Севера. [Электронный ресурс]. URL: [www.static.government.ru](http://www.static.government.ru) (дата обращения 12.05.2023).
  11. *Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Трофименко Л.Т., Швец Н.В.* Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения 12.05.2023).
  12. *Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М.* Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (TTTR). Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620942. [Электронный ресурс]. URL: <http://meteo.ru/data/162-temperature-precipitation#описание-массива-данных> <http://www.meteo.ru> (дата обращения 23.03.2023).
  13. *Корытный Л.М., Башалханова Л.Б., Башалханов И.А., Линевиц Н.Л.* Оценка влияния гидроклиматических ресурсов на жизнедеятельность населения Восточной Сибири // География и природ. ресурсы. 1998. № 4. С. 44–51.
  14. *Башалханова Л.Б.* Климатический потенциал // География Сибири в начале XXI века. Т. 4. Природопользование. Новосибирск: Акад. Изд-во «Гео», 2014. С. 13–26.